

D-0801 非意図的な随伴侵入生物の生態リスク評価と対策に関する研究

(2) 輸入資材における随伴侵入生物の生態リスク評価

独立行政法人森林総合研究所

森林昆虫研究領域	昆虫多様性チーム	岡部貴美子
森林微生物研究領域	森林病理研究室	升屋勇人

〈研究協力者〉	森林総合研究所 北海道支所（現九州支所）	小坂肇
	森林総合研究所 森林病理研究室	神崎菜摘
	森林総合研究所 森林昆虫研究領域	牧野俊一
	豊田市矢作川研究所	間野孝裕
	名城大学 農学部	山岸健三
	愛知県名古屋市	川添和英

平成20～22年度累計予算額：17,500千円（うち、平成22年度予算額：5,500千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 我が国は特定外来生物による生態系、人の生命・身体、農林水産業への影響を抑えるために「外来生物法」という法律を制定している。しかしながら対象生物を目視できるものに限り、既に侵入定着して生態系、人の生命・身体、農林水産業へ被害を及ぼすものとしているため、非意図的に資材や生物に随伴して導入され在来環境への影響が不明な生物に対する対策がとられていなかった。そこで本研究では輸入資材における菌、線虫、ダニ、小型昆虫類などの肉眼で確認できない生物のリスク評価を行うために、インベントリ作成とリスク解明を行った。その結果ホームセンターなどで売られる製材やチップ、乾燥などの処理を経ると検疫対象外となる竹材などは、青変菌や材内に巣を作る昆虫の侵入経路となっていることがわかった。糸状菌の多くは生態系リスクが低いと考えられたが、ニレ類立枯病菌は分布拡大が懸念された。またペットや益虫として輸入される昆虫に寄生する線虫やダニは、在来の寄主に寄主転換（ホストスイッチ）するほか、在来の寄生生物との間で交雑により遺伝的な汚染が起こる可能性が高いと考えられた。またこれらの外来生物の防除法を検討した結果、タイワンタケクマバチとダニは既存の巣に集団で越冬すること、冬季に巣を探しやすいことから、越冬巣の防除効果が高いと考えられた。また野外で定着したセイヨウオオマルハナバチは6月以降に在来線虫によって不妊化される率が高まるため、防除時期の検討が必要であることがわかった。さらに微小な随伴侵入生物のリスク評価手法を開発した。寄生生物の個別の侵入防止は困難であることから、開発されたリスク評価を元に侵入リスク評価を行うことを提言する。本成果に基づき、タイワンタケクマバチが愛知県の特定期外来生物となった。外来生物のリスク評価には在来生態系における情報が不可欠であるため、APFISN（アジア太平洋森林侵入生物ネットワーク）に加入し、情報交換を開始した。

[キーワード] 随伴侵入、木材、微生物、ダニ、センチウ

1. はじめに

動植物の輸入に際しては国内の動物・植物検疫法が適用され、港湾では法律に基づく検査及び病虫害防除処理が行われているが、目視できない小型生物が非意図的に導入されていることも事実である。本サブテーマの調査により目視できない小型生物は、検疫対象物ではない輸入品目に随伴して導入されていることがわかってきた。このような小型生物は寄生生物の可能性が高く、在来生態系では問題なかったものが侵入地で突然病原性を示すことがある。我が国のマツ林を壊滅的に破壊したマツノザイセンチュウのように原因が特定される以前に病気が蔓延し、根絶が不可能になることが多い。従って侵入生物対策には侵入を未然に防ぐ予防対策と早期根絶のためのリスク評価が不可欠である。このように小型生物が侵入していることは、現在の検疫システムになんらかの欠点があることによると推測される。このような欠点として、①検疫対象物ではないものに随伴する生物の見逃し、②侵入したと考えられる生物に対して侵入経路等を解明するシステムの欠如、③侵入予測システムの欠如があげられる。輸入木材では、丸太については病原菌の検出は行われず、製材品は検疫対象外であるなど、①の欠点が顕著である。さらに輸出国における木材内の糸状菌の存在確認、種類の記録、その種の日本における生態系リスク評価など、②、③も欠如している。生物資材のうちたとえばセイヨウオオマルハナバチは、先行のリスク評価研究により、逃亡を防ぐため使用法に強い規制がかけられた。しかしマルハナバチには寄生線虫、寄生蜂、ダニなどの寄生者が多く存在しており、セイヨウオオマルハナバチの寄生者が我が国に侵入して定着していることも懸念されるにもかかわらず、①～③に対する対策は取られていない。

これらの侵入微生物の国内における探索も非常に遅れており、既に侵入しているが見逃している可能性が高いことから、まずどのような小型生物が侵入しているか実態調査を行う必要がある。次に対策手法の開発のためには、在来生物の把握（在来種のインベントリの作成）、輸入資材の調査によるリスクの高い侵入経路の特定、侵入・定着が懸念される生物の生態解明に基づく侵入後のリスク評価が必要である。また病虫害としてリストアップされていない小型寄生生物や、潜在的被害種である寄主についての研究調査は依然国内外でほとんど手をつけられていないことから、寄主寄生者両者の生物学的情報の収集を含めた研究の蓄積と、これらを共有することのできる国際的ネットワークの形成が不可欠である。

2. 研究目的

本サブテーマでは、木材などの資材の輸出入に伴って移動することが予想される小型生物の検疫システム提言を目的とした。そのために、検疫対象外の資材も含めた随伴生物について、分類・生理・生態学的情報を収集し、侵入リスクを評価する。また小型生物の野外生態を解明すると共に移動分散メカニズムを解明し、侵入経路を推定し分布拡大予測を行う。さらに侵入予測及び侵入初期の迅速な対応のためにリスクアセスメント手法を開発すると共に、国際的に共有できるデータベース構築を行う。リスクアセスメント手法開発のために過去に侵入生物化したことがわかっている小型生物と、本研究でリストアップされた生物を使って、微小随伴侵入生物により特化したリスク評価手法を開発する。しかしながら検疫の現場ではリスクが未知の生物が極めて多いことが予想されることから、リスク評価方法を元に高リスクの侵入経路を特定し、侵入防止のために提言することとする。

3. 研究方法

(1) 侵入生物のインベントリ

1) 糸状菌

一般販売店により販売されていた輸入製材のうち糸状菌による汚染が確認された木材を購入し、分離に供試した。また、庭の整備に使用する輸入樹皮片も分離に供試した。直接糸状菌が存在する部位を滅菌メスで切り取り、または、直接菌糸を滅菌済みピンセットで摘み取り、1%ついで2%麦芽エキス寒天培地で培養し、純粋菌株を確立した。これを形態、DNAにより同定した。国内における侵入樹木病害の探索については、北海道のニレ類を対象にニレ立枯類病菌の探索を行った。樹皮下穿孔性キクイムシによる穿孔が見られるニレ樹皮を鉋で切り取り、実験室に持ち帰り分離に供試した。分離法、同定は上記と同様に行なった。

2) 昆虫及びダニ、線虫

検疫のない輸入加工材（乾燥竹）やペット等として生きたまま輸入される昆虫に随伴してくる昆虫、ダニ、線虫の調査を行った。国内でこれらの輸入品を入手し、それぞれの生物を顕微鏡下で分離し、形態およびDNAを用いて同定した。またこれらの微小な外来生物の国内分布やリスク評価手法開発のために、これらの寄主と同じ分類群に寄生する在来生物種を野外採集し寄生生物を分離した。また侵入定着が懸念される生物の寄生生物に関する分類・生態情報を文献より収集した。

(2) 最近日本に定着した外来生物の生態系リスク評価と防除手法の開発

1) 木材随伴菌

北海道のニレ類を対象にニレ類立枯病菌の探索を行った。樹皮下穿孔性キクイムシによる穿孔が見られるニレ樹皮を鉋で切り取り、実験室に持ち帰り分離に供試した。分離菌は、*Ophiostoma ulmi*（本来のニレ立ち枯れ病菌）、*O. novo-ulmi*（突然変異株）あるいはその他の突然変異株かどうかを調査し、各株の病原性から侵入時期の推定とリスク評価を行った。

2) 線虫

野外で採集したセイヨウオオマルハナバチ（以下セイヨウ）の寄生線虫、在来マルハナバチの寄生線虫及びスズメバチタマセンチュウの形態と遺伝子を比較した。マルハナバチに寄生する線虫のホストスイッチの可能性を検討するため、その感染ステージである越冬女王を探索し、セイヨウと在来マルハナバチが越冬場所を共有しているかを調べた。セイヨウオオマルハナバチは、現在、捕獲殺傷による駆除が行われている。野外でセイヨウを定期的に採集し、線虫の寄生率の季節変化を明らかにすることによって、効果的な防除時期の解明を試みた。

3) タイワンタケクマバチ

タイワンタケクマバチが愛知県及び岐阜県に定着したことから、侵入経路の特定のために現地でも聞き取り調査を行った。またタケクマバチのリスクを①刺傷害、②建造物被害、③在来種の競合と位置づけリスクの大きさを検討した。随伴ダニのリスクは一般的なコナダニの害虫種にならって、①ハウスダスト化、②病原菌の伝搬、③在来種との競合とし、検討した。タケクマバチおよび巣を愛知県豊田市矢作川周辺で採集し、研究室に持ち帰って逃亡がない状態で飼育し、ダニの発育速度、ホスト（クマバチ）との生活史の同調、ダニの有無によるホストの生存率、害菌の

伝搬等について調べた。また分布拡大予測を行うために、10月末に越冬巣を採集することにより、愛知県豊田市周辺の分布状況を調査した。採集した新成虫を $-10\sim 15^{\circ}\text{C}$ で10月～4月まで維持し、死亡率を調べた。このことから分布拡大予測を行った。また本調査の結果をふまえて越冬巣駆除について検討した。

(3) 在来生態系におけるインベントリに基づく侵入リスク評価

輸入材に随伴する糸状菌のリスク評価のために、それぞれの生態学的特性と分散様式を文献ベースで調査した。日本に大量に輸入されているクワガタムシについて、随伴ダニと線虫および菌のリスク評価を行うために、在来種のインベントリ作成を行った。捕獲したクワガタムシは、体表面からダニを分離した後解剖し、随伴線虫の分離、検出を試みた。分離した線虫を実体顕微鏡下で観察し、その食性を確認した後に、リボソームRNA遺伝子の塩基配列決定により種同定を行い、クワガタムシの分離地域、系統（分類）関係と比較した。また在来クワガタムシの体表面（鞘翅表面）、鞘翅下からダニを採集した。これらのダニに寄生する菌も調べた。輸入クワガタに寄生するダニについては地球環境研究総合推進費F-3 侵入種生態リスクの評価手法と対策に関する研究（H16～18）で調査・報告済みである¹⁾。これらの結果から微生物の移入におけるクワガタムシというペット輸入（侵入経路）の評価と、微生物がクワガタムシに与える影響を評価した。

また我が国への侵入が警戒されているヒアリをケーススタディとして、随伴ダニのリスクについて、対象ダニの生態と国内のアリ共生ダニの既存情報を元に評価を行った。ヒアリに関する情報はUSDA Forest ServiceのJohn Moser博士から入手した。

(4) 随伴侵入生物リスク評価手法の開発

微小な随伴侵入生物は目視が困難なため、検疫体制を整備することが困難である。そこで輸入資材から採集された随伴侵入生物の種数、頻度、個々の種のリスク評価から、侵入経路のリスクを評価し、経路に対して対策をとることが必要である（図1）。そのため、微小な随伴侵入生物のリスク評価手法を開発した。

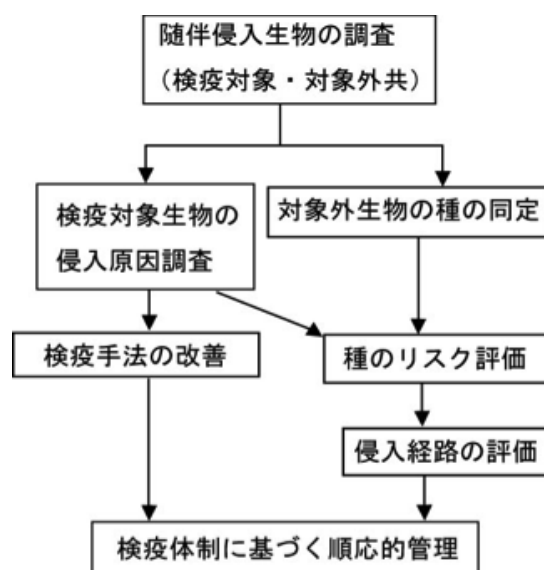


図1. 随伴侵入生物のリスク評価手法

4. 結果・考察

(1) 侵入生物のインベントリと生態系リスク

1) 糸状菌

輸入木材を観察したところ、糸状菌による汚染が容易に確認できた。中には明らかに腐朽菌と思われる菌糸体が木材表面に付着している例も見られた。初年度は分離に供試したロシア産輸入製材では合計で8種類の糸状菌、*Penicillium expansum*、*P. biourgeianum*、*Alternaria alternata*、*Cladosporium cladosporioides*、*Ophiostoma floccosum*、*O. minus*、*Leptographium wingfieldii*、*Phlebiopsis gigantea*が検出されたが、2年目は、*Cladosporium*以外は異なる種類が検出された。引き続き3年目も調査したところ外国産ヨーロッパアカマツより*Fusarium*などの植物寄生菌の他、青変菌の*Leptographium truncatum*、木材腐朽菌の*Sistotrema brinkmannii*が検出されること、ガーデニング用のマツ樹皮から*Ophiostoma ips*、*Ophiostoma floccosum*、*O. quercus*、*O. piceae*、*O. nigrocarpum*、*Sporothrix varieciba*が検出された。また、オーストラリア産のヒノキ科樹木のチップ、ラジアータマツの樹皮といったガーデニングに用いる園芸用資材からも非常に様々な糸状菌が検出された。その中でも特に材に変色を引き起こす*Ophiostoma*属菌や植物寄生菌である*Botryosphaeria*属菌等、複数の潜在的植物寄生菌が複数種検出された。このことから輸入木材に加え、樹木由来の園芸用資材からも豊富に糸状菌が検出されることが明らかとなった。また、今回の調査は限定的なものであるため、検出される糸状菌は未だ全てが把握されているわけではないことが明らかとなった。

*Leptographium truncatum*は日本に分布しているとされる種類であるが、近縁種も多く、その実態は十分には把握できていない。しかし、その分散戦略はキクイムシ等節足動物に依存していることが分かっている。一方、樹皮からは材を上回る数のオフィオストマ科菌類（青変菌）が検出された。このグループのほとんどは節足動物に分散を依存しているが、特に*Ophiostoma ips*はキクイムシのみに分散を依存する。日本国内でも見出される種類であるが、樹皮下に穿孔するキクイムシからのみ検出されている種類である。この木材には輸入後のキクイムシによる加害の形跡がないため、この随伴菌が検出されたということは、いずれも木材、樹皮にとまって侵入した可能性が非常に高い。これらの糸状菌は多点接種によりマツ樹皮に壊死を引き起こすことが知られており、森林生態系に与える影響は無視できないが、輸入木材から分散する可能性は低いと考えられ、現時点での生態系への影響は大きくはないと考えられた。本研究では実際に検出できた糸状菌を対象に、その生態、分散方法に基づいてリスクを想定したが、これをより客観的なものにするためには、分布、宿主特異性等さらに詳細な情報が必要である。また現状では侵入後の防除よりも、輸入以前の駆除処理を行い、侵入経路として重要な製材に関しては検疫を検討する必要があると考える。

ニレ類立枯病はアジア起源と考えられており、ヨーロッパで1940年代に大流行した後北米に侵入して大流行しヨーロッパに再導入された、侵入種ワースト100に数えられる病害である。H20年度に本プロジェクトでニレ立ち枯れ菌の発見を報告したが、その後北海道のニレ類を対象に糸状菌の探索を行ったところ、ハルニレ、オヒョウの樹皮とそこに穿孔しているニレノオオキクイムシ(*Scolytus esuriens*)体表よりニレ類立枯病菌が検出された。出現頻度はほぼ100%であり、穿孔している全てのキクイムシ孔道から検出された。分離された菌は全て、コロニーの形状、子実

体の形態、遺伝子解析により *O. ulmi*、*O. novo-ulmi* であることが明らかになった。北海道全域10か所の調査では道東を中心に6地点から両種が検出された（図2）。利尻島では *O. ulmi* のみが検出された。*O. ulmi* と *O. novo-ulmi* が同所的に存在することは非常に少ないという事実と、*O. ulmi* は急速に *O. novo-ulmi* に置き換わることが知られていることから、北海道で両種が同所的に存在するのは本病原菌の侵入後まだ長時間が経過していないためと想定された。日本国内ではニレノオオクイムシから *O. ulmi* と *O. novo-ulmi* が検出されているが、海外では別のクイムシが主要なベクターであることが知られている。このことから、ベクタースイッチが起こっていることも明らかになった。今後、本病原菌の北海道以外の分布、病原力の評価を行なう計画である。また1950年代に芦別市で、現在のニレ立ち枯れ病菌の国内ベクターであるニレオオクイムシによる集団枯損が起こっていたことがわかった。このことから侵入後のベクターの重要性についてあらためて検討する必要がある。22年度には初めてニレ立ち枯れ病菌による樹木の枯れが発見された（図3）。日本のハルニレやケヤキ等に病原性は明らかになっていなかったが、感染樹の枯死にはほかの病気の場合と比較して長い時間を要することが示唆された。

これまで本州ではニレ立ち枯れ病菌は報告されていないが、引き続き監視を続ける必要がある。また22年度には北海道で本菌によるニレの立ち枯れ木が発見されたことから、日本においても病原性が証明された。残存する枯死葉が少なかったことや、半分は枯死してから時間が経過している様相であったことから、時間をかけてゆっくり枯死していったと考えられる。今後は防除法を含めた対策が必要である。本病原菌は植物防疫の検疫対象であったことから、農林水産省の研究課題等として継続して防除法を検討する予定である。



図2. 北海道におけるニレ立ち枯れ病発生地



図3. ニレ類立枯病によってかかれた樹木

2) 昆虫及びダニ

2006年前後に愛知県豊田市周辺で、中国大陸～台湾に分布するタイワンタケクマバチの侵入が確認された。タケクマバチ随伴ダニについては、ミトコンドリアDNAの解析結果が形態の解析結果と一致しなかったことから核DNA(ITS領域)を調べたところ、タケクマバチ随伴ダニは台湾のダニよりも日本の在来ダニに近縁であることがわかり、形態解析の結果と一致した。また近年の竹輸入状況を調査した結果、1990年代前半に日本への竹輸出国が台湾から中国大陸域に大きくシフトし、タケクマバチの侵入が確認された2000年代は9割以上の輸入竹が中国大陸産であることがわかった(図4)。随伴ダニの種類と近年の輸入動向から、タイワンタケクマバチは台湾からではなく、中国大陸からの侵入であることが明らかとなった。生態調査によってタケクマバチはやや乾燥した竹に好んで営巣することがわかったので、このハチと随伴ダニは植物検疫の対象外である竹加工材(乾燥剤を含む)とともに侵入したと考えた。

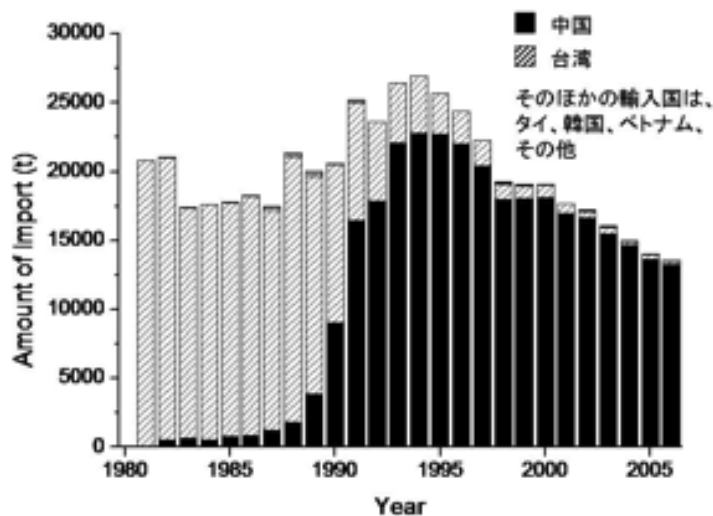


図4. 竹材の輸入推移

タケクマバチの現地調査によって、農家で刺傷害があったこと、建造物被害はないものの竹業者の貯木場でタケクマバチの営巣による竹材の劣化が起こっていることが明らかとなった。しかし現地では園芸植物も含めた花卉が豊富で、在来種との競合は少ないと考えた。随伴ダニはタケクマバチの巣外でも花粉団子やタケクマバチ幼虫の糞で増殖可能だった。巣内では大量に増殖してタケクマバチ羽化後に便乗した。しかし第二若虫期（便乗ステージ）以降はタケクマバチなしでは発育しなかった。また巣内に特別な病害菌はなかった。これらのことからハウスダスト化や病原菌の伝搬の可能性は低いと考えた。しかし在来クマバチが竹林を飛翔していたこと、在来クマバチは既存の穴を越冬場所として利用することからダニのホストスイッチは可能で、ダニ在来種との競合の可能性が高いと考えた。寄生物がホストスイッチによって病原性を発現することはミツバチヘギイタダニなどでよく知られていることから³⁾、ホストスイッチの影響については更に検討する必要がある²⁾。

H22年10月に豊田市周辺でタイワンタケクマバチの越冬巣調査を行った。その結果、4年間で西及び南にそれぞれ20数km程度分布を拡大していることが示唆された（図5）。調査は主に竹林が分布する河川敷などで行ったが、20mx5m程度の小さな竹林で最も巣の密度が高かった。クマバチの巣の内径は 14.5 ± 1.22 cmだったことから、分布拡大には竹の主幹の太さが重要であると考えられた。一般にこのような太さの竹は、主幹の密度が高い放置された竹林では余り多くない。一方で、農業資材等として利用される竹材は巣材として好適である。今後はまだ未調査の竹垣などでの営巣実態調査が必要である。



図5. 愛知県におけるタイワンタケクマバチの越冬巣の分布

越冬巣では平均6頭／巣が越冬しており、雌雄の割合は等しかった。しばしば巣内に残る育房跡よりも越冬個体数が多かったため、必ずしも自分の巣で越冬していないことが示唆された。

タイワンタケクマバチの低温耐性を調べたところ、 -2°C で3ヶ月以上が経過すると7割程度が死亡することがわかった。また -10°C では24時間後に全個体が死亡した。これらの観察結果から、タイワンタケクマバチは本州の平地では関東地方まで分布が可能であることが示唆された（図6）。

竹材は輸入業者から全国へと出荷されているため、人為的な分布拡大の促進が懸念される。少なくとも平地では西日本と関東での分布が可能と考えられるので、これらの地域では警戒が必要である。野外では営巣可能な竹が限られているため、巣の集中が予想される。今回の調査地でも、

越冬巣は比較的高密度に分布していたことから、冬季に越冬巣を防除することにより、刺傷害を避けつつ有効な駆除が可能と考えられた。

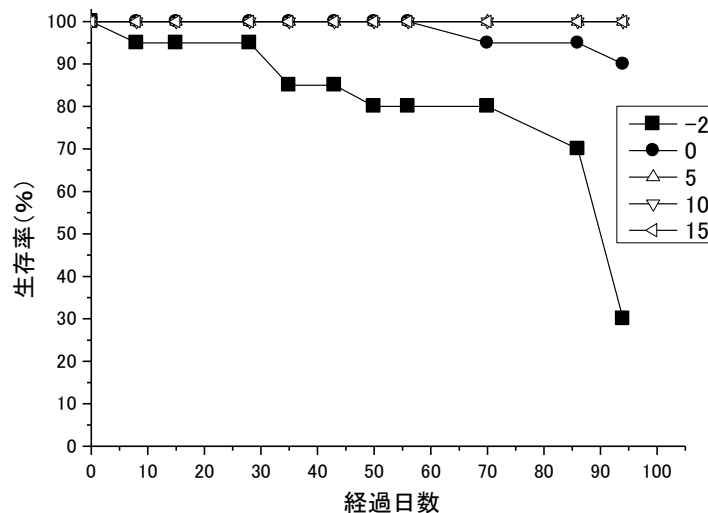


図6. タイワタケクマバチの低温耐性：数値は温度（摂氏）を表す。

3) 線虫

スズメバチタマセンチュウとセイヨウオオマルハナバチ（以下セイヨウ）を含むマルハナバチ類から検出された線虫幼虫の形態および遺伝子配列は大きく異なった。また、これらマルハナバチの寄生線虫の遺伝子配列はロシア産マルハナバチタマセンチュウと同じグループに入ることがわかった。しかし、北海道産のセイヨウ寄生線虫の遺伝子配列はロシア産寄生線虫より北海道在来種の寄生線虫の配列と近かった。これらから、セイヨウを含む北海道産のマルハナバチ寄生線虫はマルハナバチタマセンチュウであり、セイヨウの寄生線虫は北海道在来種である可能性が高いと結論した。

北海道恵庭市の針葉樹の落葉下からセイヨウ越冬女王を発見した。同所から在来種のエゾオオマルハナバチの越冬女王も検出した。これらからセイヨウと在来マルハナバチは越冬場所を共有していることが明らかになった。このことからセイヨウがマルハナバチ不妊化線虫の媒介者になる可能性が示唆された。

野外で捕獲されたセイヨウのタマセンチュウ寄生率を調べたところ、6月下旬にはほとんどの個体が寄生されていることがわかった（図7、図8）。この線虫はセイヨウも不妊化させるため、6月下旬にセイヨウを大量に捕獲しても次年度の個体数抑制にはほとんど貢献しないと考えられる。現在、セイヨウの駆除は野外での捕獲殺処分によるが、防除コストを軽減するためには駆除時期の再検討が必要と考えられた。

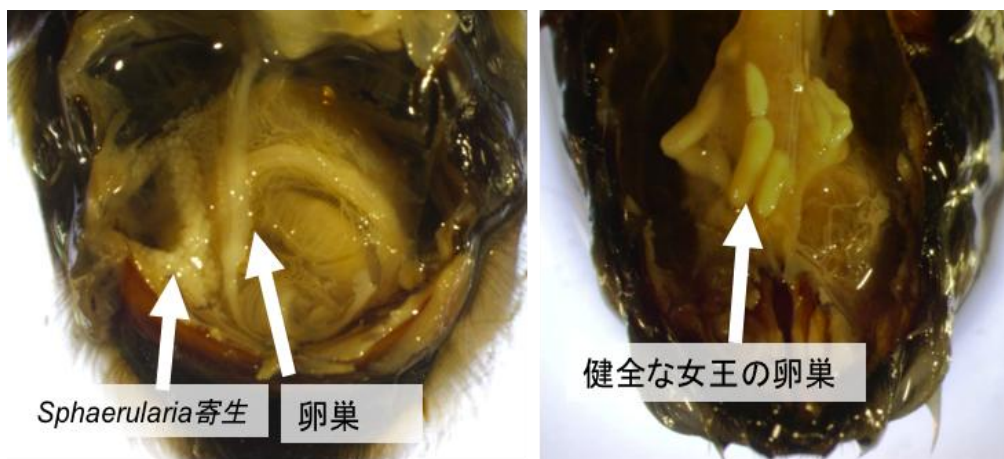


図7. タマセンチュウが寄生したセイヨウオオマルハナバチの卵巣

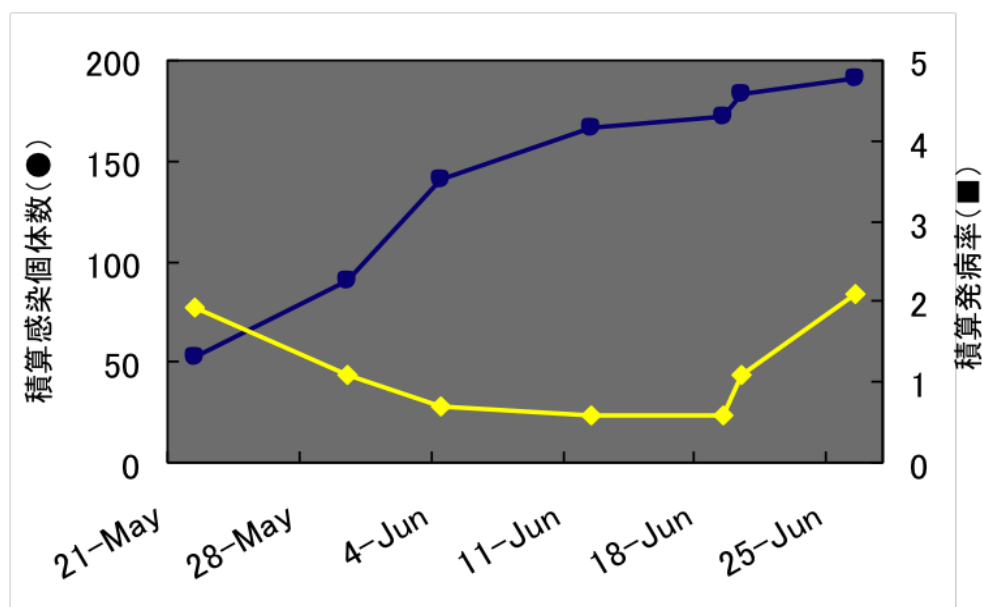


図8. タマセンチュウの寄生率の推移

(2) 国内のインベントリに基づく侵入リスク評価

在来種クワガタムシのうち8種（約150個体）を野外採集し、ダニや線虫の生体を分離した。分離された線虫は、一例を除きすべて Diplogastridae 科細菌食性線虫の耐久（分散）型幼虫で、体表面（鞘翅下の背面）、もしくは、外部生殖器官（交尾器、産卵管）の隙間に侵入していたことから、クワガタムシ類を媒介者として能動的かつ恒常的に利用しているものと考えた。これらのうち、*Koerneria luziae* と *Pseudodiplogasteroides composites* の2種、及びノコギリクワガタより得られた *K. lucani* は、過去、ドイツにおいて、クワガタムシ類より記載された種であり、非常に広い分布域と媒介昆虫範囲を有していると考えられる。これら媒介昆虫特異性が低い広域分布種は、海外から日本列島へ同種個体群が侵入した場合、在来媒介昆虫種を利用して比較的容易に分散し、個体群レベルの遺伝的攪乱を引き起こす可能性が危惧される。

また成虫越冬性のクワガタムシからは比較的高い率でクワガタナカセ（コウチュウダニ科の一類）が採集された。このうちヒラタクワガタ、オオクワガタ、コクワガタの体表面には同種のダニが、スジクワガタには別属のダニが寄生していることがわかった。一方鞘翅の下からは、体表面とは異なる未知種のダニが発見され、これらはクワガタムシの種類によらず同属であった。またオオクワガタナカセ、アカアシクワガタナカセからはラブルベニア菌が発見されたほか、その他の随伴菌が複数確認された（図9）。同様の寄生生物が外来クワガタムシでも普通に感染しているとすれば、国内への導入は既に行われている可能性が高い。在来クワガタムシと在来寄生生物の関係は安定しているようだが、外来種のホストスイッチの影響は未知であり、今後は外来クワガタムシの調査を行う必要がある。

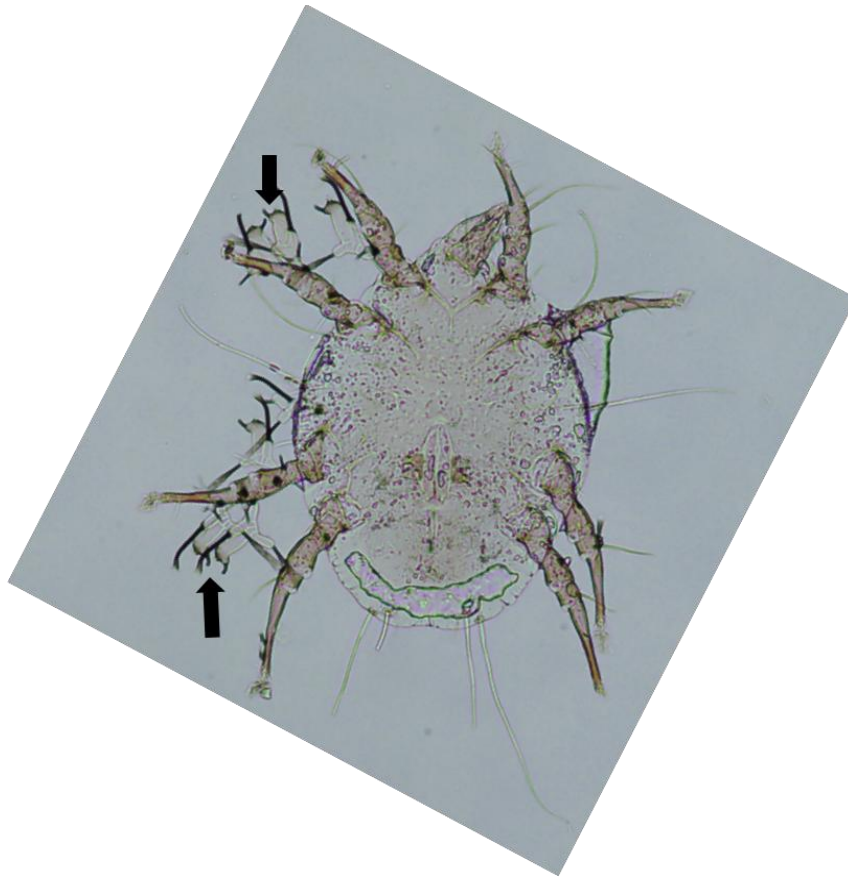


図9. コクワガタナカセに感染したラブルベニア菌

またサブテーマ1ではヒアリの侵入を警戒しているが、熱帯～亜熱帯産のアリからはしばしばアリ寄生ダニが知られており、寄生ダニがアリ幼虫や蛹を捕食することがわかっている。そこでUSDA Forest Serviceの協力を得てレイジアナに導入されたヒアリ（*Solenopsis invicta*）の便乗ダニのデータを収集したところ、中気門目のうち特にトゲダニ科とイトダニ科に共生ダニがいることがわかった。しかしこれまでの知見からこれらのダニはスカベンジャーと予想されるので、レイジアナのヒアリに随伴して捕食性のダニが導入される可能性は低いと考えられた。このようなインベントリおよび生態情報の収集によっても、寄生生物のリスク評価が可能になると考える。

(4) 随伴侵入生物リスク評価手法の開発

随伴侵入生物のリスク評価は以下のような項目を提案する。

I. 歴史的・地理的特性

1. 適地の気象条件

- ①繁殖・増殖に国内の気候が適しているか
- ②寄主（便乗寄主を含む）にとって国内の気候が適しているか

2. 過去の履歴

- ①人工的な環境（ハウスや畑地など）に適応している
- ②ほかの国や地域で侵入履歴がある
- ③病害虫化したことがある
- ④既に国内で定着している記録はない

3. 生物地理的特性

- ①同じ地域外からの侵入

II. 生物学的・生態学的特性

4. 随伴形態（見つけやすさ）

- ①寄生性／便乗性

5. 増殖

- ①1個体からの増殖が可能
- ②侵入先に増殖可能なホストがいる
- ③潜在的な増殖率が高い（大発生の可能性がある）

6. 移動分散

- ①風
- ②便乗または寄主と共に移動
- ③水
- ④主に人為
- ⑤一度に大量に分散

7. 抵抗性

- ①環境耐性のあるステージを持つ
- ②薬剤抵抗性が記録されている
- ③天敵が侵入地に分布していない

III. 経済への影響

8. 病原体・害虫のステイタス

- ①農業病害虫
- ②林業病害虫
- ③緑化植物・庭園病害虫
- ④人の健康への負の影響
- ⑤日常生活の質を低下させる（不快害虫、設備の劣化など）

9. 対象作物の重要性

- ①国内の主要作物の病害虫である（または主要作物に間接的に負の影響を与える）

②国内の広域で栽培（飼育）されている作物に影響がある

③寄主範囲が広い／多くの作物に影響がある

IV. 生態系への影響

①自然生態系内で競争排除が起こる

②ホストを殺傷する

③生態系の優占種あるいはキーストン種に大きな負の影響を与える

④上記以外の重要な種（希少種、フラグシップ種など）に負の影響を与える

それぞれは質問形式であり、正は1～2，負は0で得点する。また非意図的に導入される外来種の多くは、事前に生態がわかることはほとんどない。そのため不明な事項は近縁種から推測する。また無理に点数をつけずに、プラス評価とすることで、図10のように示すことができる。

これまでにIUCNの侵入生物ワーストリストに掲載されたり、病害虫として複数の国で検疫・防除の対象となったりしている生物を使ってリスク評価を行ってみた。その結果、合計点37点としたとき、スコアが10以下は低リスク、11～19は中程度のリスク、20～は高リスクと評価することが適当であると考えた。これを元に最近日本での定着が確認された随伴寄生生物を評価したところ、ほとんどの寄生者が低～中程度のリスクと評価された。しかし検疫対象ではない製材やチップ、生昆虫などの輸入品には多くの寄生生物が生きのまま随伴して導入されていることから、これらの輸入物品は侵入経路として警戒する必要があると考えた。

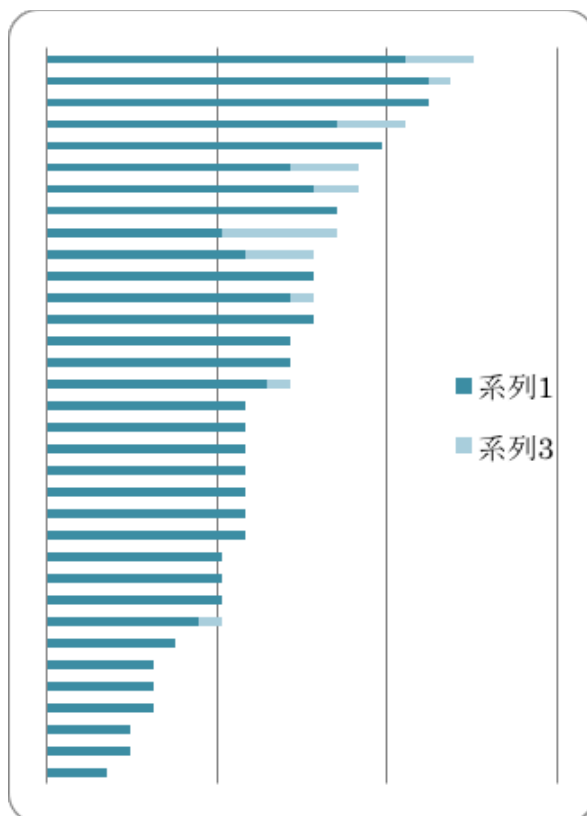


図10. 随伴菌のリスク評価結果
色の薄い部分は不明のため+とした項目

本手法では農林業害虫や人に健康被害を与える病原菌などの寄生生物が、必ずしもハイリスクとは評価されない。これは生態系リスクをより高く評価できるように手法開発を行ったためである。農林業病害虫や病原菌はリスク項目Ⅲ—8で確認の後、それぞれ農林水産省、厚生省などの担当機関で処理することを想定した。従って本手法によってのみ評価する場合は、項目に対して重み付けをする必要があると考える。また項目への回答が不明な場合は、プラスとして1点と同様に扱うことを試みたが、既に侵入生物化した生物の侵入前後を想定してプラス評価に対する検討を行った結果、プラスは侵入後に0になることもそのまま1点となることもあった。外来生物は在来生態系にはなかった異分子であることから、基本的には定着前に駆除すべきと考える。しかし実際は防除コストとの関係から駆除が決定されることから、プラスの数は実際のリスクというよりは、駆除決定の判断材料として利用されるべきだろう。

今後はこれらの検疫手法等について開発が必要である。本研究では侵入経路のリスク評価に利用した。その結果、既に検疫対象となっている生花や土、樹皮などのリスクは高かった。現在検疫の対象になっていない製材や加工材、輸入が許可されている生きた昆虫類は、リスクの高い寄生生物を随伴させてはいなかったが、随伴生物そのものは種類、頻度共に高かった。これらのことから生物資材に関しては、輸入直前の薬剤等による処理やランダムなチェックが必要といえる。また肉眼で見ることのできない生物に対しては検疫の技術を高度化すると共に、輸入の事前に文献等を利用した随伴生物のチェックを行うことが必要であると考えられる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

寄主と寄生生物の共進化はしばしば推測されているが、共進化関係を破壊した場合や、ホストスイッチが起こることを想定したリスク評価はほとんど行われていない。本サブテーマでは生物資材に随伴して侵入する小型生物のインベントリ作成を大きな目的としているが、生体試料を入手した際には操作実験等を用いて、リスク評価を行っている。ホストスイッチは予測が難しく、また室内操作実験の結果をどのように評価すべきかについても合意は得られていない。クワガタムシの事例のように、過去にホストスイッチが起こったと推測できる試料に基づく生態観察やスイッチの年代推定などは、この点に関して貴重な知見となる。現在までのところ本サブテーマによる知見から、寄生生物は共種分化とホストスイッチを繰り返しながら、新たな共生関係を構築してきたと考える。

タイワンタケクマバチの分布拡大予測のために、低温反応を調べた。その結果、このハチは日長等ではなく単に低温によって不活発になること、外気温が -3°C より低くなり凍結することによって死亡することが示唆された。このことは熱帯性の生物の分布拡大予測に関して重要な知見となる。

(2) 環境政策への貢献

1) 22年度愛知県移入種検討会において、本研究における分布拡大調査と生態解明によりタイワンタケクマバチが公表すべき移入種の候補となった。

2) タイワンタケクマバチが定着した豊田市を中心に、研究者を中心としたタイワンタケクマバチ談話会を結成した。今後越冬巢の防除など、市民参加型の外来種駆除に貢献できるものと考え

る。

3) セイヨウオオマルハナバチがマルハナバチ類を不妊化させる在来線虫に寄生されることがわかり、また6月以降は寄生率が上昇することから、今後、同種の防除時期決定に貢献できるものと考えられる。

4) 見えない随伴侵入生物のなかで、陸上生態系にリスクがあることが予想され、生物資材と共に導入されるものについてリスク評価法を開発した。今後はこれらの生物が導入される侵入経路を特定し、随伴侵入生物の制御に関する実用的な提言をする予定である。

6. 引用文献

- 1) Okabe K & Goka K (2008). Potential impacts on Japanese fauna of canestriniid mites (Acari: Astigmata) accidentally introduced with pet lucanid beetles from Southeast Asia. *Biodiversity and Conservation* 17, 71-81.
- 2) Okabe K, Makino S & Endo T (2008). Polymorphism in the deutonymph and adult of *Sennertia alfkeni* (Acari: Chaetodactylidae) associated with the large carpenter bee, *Xylocopa appendiculata circumvolans* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Natural History* 42, 1361-1384.
- 3) Needham GR, Page RE Jr, D-Baker M & Bowman CE (1988). Africanized Honey bees and bee mites. Ellis Horwood Limited.

7. 国際共同研究等の状況

1) The micro- and macro-invasives in forest ecosystems (森林生態系における可視～顕微サイズの侵入生物プロジェクト), Dr Simon Lawson, Queensland Forest Research Institute, Australia: 数年後に日豪二国間または多国間の国際プロジェクトを構築するため、侵入生物データベース構築を開始した。

2) Conservation of Forest Biodiversity (森林の生物多様性保全のための日加共同プロジェクト), Dr David Langer, Canadian Forest Service, Canada: 侵入生物、気候変動、森林の人為的改変等、森林の生物多様性の減少要因の解明のための日加二国間プロジェクトを提案している。

3) IUFRO Working Unit 7.03.12 (国際森林研究機関連合ワーキンググループ; 侵入生物), Dr Kerry Britton, USDA Forest Service, USA: 現在、日、北南米、アフリカ、EU諸国など20カ国以上が参加する侵入生物に関するワーキンググループで、シンポジウム開催、共有データベースの構築など主に情報交換のための定期的な活動をしている。

4) Determination of the range of *Xyleborus glabratus* and the fungal symbionts associated with this ambrosia beetle in Asia (アジアにおけるハギキクイムシと共生菌の分布範囲の調査), Drs. S.W. Fraedrich, T. C. Harrington, J. L. Hanula, S. S. Lu, J. H. Sun, P. T. Hoa, W. Sittichaya, N. Kulkarni, R. J. Rabaglia, M. F. Cooperband: 北米に侵入してクスノキ科樹木に大きな被害を出しているハギキクイムシと随伴病原共生菌の分布解明のため、6カ国の研究者による共同調査を行っている。

5) International Nematology Symposium in Hanoi (ハノイで開かれる国際線虫学シンポジウム), Dr. Le Xuan Canh, Institute of Ecology and Biological Resources, Vietnam: 2009年

開催予定の同シンポジウムの組織委員会に参加して、外来線虫を含む寄生性線虫に関するプログラムに貢献している。

6) Pine wilt disease (マツ材線虫病に関するプロジェクト), Dr. Marta Vasconcelos, University Catolica, Portugal: 近年ポルトガルに侵入したマツノザイセンチュウ及びそれが引き起こすマツ材線虫病に関して情報交換を開始し、侵入線虫の実態調査と防除に関する共同研究の立案中である。

7) Phoretic Arthropods of the red imported fire ant (外来ヒアリの便乗生物の探索), Dr John Moser, USDA Forest Service, USA: ヒアリに随伴するダニのリスク評価のために情報交換を行っている。

8) Survey of native forest species in Asia (アジアの在来森林生物調査), Dr Chi-Yu Chen, National Chung Hsing University, Taiwan: 現在欧米のみならず日本でもアジア原産の導入種が増加していることから、台湾、中国を始めとする原産地の分布及び生態調査のための研究協力体制を構築した。

9) APFSIN(Asia Pacific Forest Invasive Species Network:アジア環太平洋森林侵入生物ネットワーク), Dr Kfri Sankaran, ネットワーク代表: 森林総合研究所に拠点を設け東南アジア、環太平洋諸国が参画しているネットワークに積極的に参加する。「APFISN Workshop on Pathways of biological invasions into forests」では日本の現状報告を行い、韓国、中国、モンゴルと分科会を結成した。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) Masuya H, Braiser C, Ichihara Y, Kubono T & Kanzaki N (2006). First report of the dutch elm disease pathogens *Ophiostoma ulmi* and *O. novo-ulmi* in Japan. New Disease Report, 20 <http://www.bspp.org.uk/publications/new-disease-reports/ndr.php?id=0> (オープンアクセス)
- 2) 升屋 勇人(2009.) 菌類とキクイムシの関係. 日本森林学会誌 91, 444-456.
- 3) 岡部 貴美子(2009)キクイムシ関連ダニの系統と生態. 日本森林学会誌 91, 461-468.
- 4) Okabe K, Masuya H, Kawazoe K & Makino S (2010). Invasion pathway and potential risks of a bamboo-nesting carpenter bee, *Xylocopa tranquebarorum* (Hymenoptera, Apidae), and its micro-associated mite introduced into Japan. Applied Entomology and Zoology 45, 329-337.
- 5) Kawazoe K, Okabe K, Kawakita A & Kato M (2010). An alien *Sennertia* mite (Acari: Chaetodactylidae) associated with an introduced Oriental bamboo-nesting large carpenter bee (Hymenoptera: Apidae: *Xylocopa*) invading the central Honshu Island, Japan. Entomological Science 13, 303-310.
- 6) Kanzaki N, Taki H, Masuya H, Okabe K, Tanaka R & Abe F (2011). Diversity of stag beetle-associated nematodes in Japan. Environmental Entomology 40, 281-288.
- 7) Kanzaki N, Taki H, Masuya H & Okabe K (2011). *Bursaphelenchus tadamiensis* n. sp., isolated

from a lucanid beetle, *Dorcus striatipennis* from Japan. Nematology (In press)

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 岡部貴美子(2010.)豊田市に定着したタイワンタケクマバチは悪者だろうか?月報Rio No. 143 1-2.
- 2) 岡部貴美子(2010). 非意図的に導入される外来森林性物の現状と課題—タイワンタケクマバチおよび随伴侵入したタイワンタケクマバチコナダニの事例—. 海外の森林と林業 No.79 31-35.
- 3) 升屋勇人, 市原優, 窪野高德, 神崎菜摘(2010). 日本におけるニレ類立枯病菌の分布. 森林防疫 59 : 220-225.
- 4) Masuya H, Okabe K & Kanzaki N(2010). Impacts of invasive tree pathogens on forest ecosystems in Japan. International Forestry Review 12, 366.
- 5) 升屋勇人(2010). 外国から侵入した樹木病原菌. 山林12月号p44-47.
- 6) 神崎菜摘, 升屋勇人, 岡部貴美子(2010). 「随伴侵入」する微小生物の現状と問題点. 森林防疫 60, 4-11.

(2) 口頭発表(学会)

- 1) Okabe K, Masuya H & Makihara H: 2nd meeting of IUFRO Working Unit 7.03.12 (2008)
「Potential invasive arthropods and microorganisms associated with international trade - a Japanese case study-」
- 2) Okabe K, Masuya H & Goka K: The 11th Pacific Science Inter-Congress (2009)
「Invisible invasion by mites and microbes with imported pet beetles from Southeast Asia」
- 3) 岡部貴美子: 第120回日本森林学会大会 (2009)
「キクイムシと共に移動するダニ達」
- 4) 川添和英, 岡部貴美子, 川北篤, 加藤真: 第69回日本昆虫学会大会、三重大学 (2009)
「東洋区産タイワンタケクマバチとそれに便乗するコナダニの東海地方への侵入とその潜在的リスク」
- 5) 岡部貴美子, 神崎菜摘, 升屋勇人: 第57回日本生態学会大会、東京大学、(2010)
「クワガタムシ共生生物の多様性 —クワガタにまつわるエトセトラ—」
- 6) 神崎菜摘, 滝久智, 升屋勇人, 岡部貴美子, 田中龍聖, 安部布樹子: 第54回応用動物昆虫学会、千葉大学、(2010)
「8種の国内産クワガタムシ類より検出された便乗線虫」
- 7) 岡部貴美子, 川添和英, 升屋勇人, 牧野俊一: 第54回応用動物昆虫学会、千葉大学、(2010)「イワンタケクマバチの侵入と随伴ダニのリスク」
- 8) 岡部貴美子, 升屋勇人: 第54回応用動物昆虫学会・小集会、千葉大学、(2010)
「木材に随伴侵入して侵入する生き物たち～昆虫、ダニ、センチュウ、菌～」
- 11) Kosaka H, Sayama K, Kanzaki N, Makino S & Okabe K: Proceedings of International Symposium of Nematology (2010) 「*Sphaerularia* sp. from the introduced bumblebee, *Bombus terrestris*, naturalized in Hokkaido, Japan」
- 12) 小坂肇, 神崎菜摘, 佐山勝彦, 牧野俊一, 岡部貴美子: 日本線虫学会大会(2010)「北海道産セイ

ヨウオオマルハナバチの寄生線虫」

- 13) Okabe K, Masuya H, Kwazoe K, Makino S & Goka K : International Congress of Acarology XIII (2010) 「An unintentionally introduced mite associated with a bamboo nesting carpenter bee through international trade」
- 14) 神崎菜摘, 滝久智, 升屋 勇人, 岡部 貴美子 : 第121回日本森林学会大会、筑波大学、(2010) 「スジクワガタより分離された *Bursaphelenchus* 属線虫」

(3) 出願特許

特記すべき事項はなし

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

特記すべき事項はなし (サブテーマ1 主催のセミナーに参画)

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) 森林総合研究所プレスリリース (2010年1月6日)

プレスリリース

平成22年 1月 6日

独立行政法人 森林総合研究所

ニレ類立枯病菌の分布について

ポイント

- ・ 森林微生物の探索・収集を進める中で、北海道でニレ類立枯病菌の分布を確認
- ・ 国内のニレ類には立枯れ被害の報告は無い。
- ・ 今後は、どのようにして国内に分布したかなどの研究や実態調査を継続

概要

森林総合研究所は、国内の森林微生物の探索・収集を進める中で、イギリス森林研究所(英国)の協力を得て、ニレ類立枯病菌(*Ophiostoma ulm*とそこから種分化した*O. novo-ulm*)が日本にも分布していることを発見しました。

本病は、北米、ヨーロッパにおいてニレ類に被害を与える樹木の病害ですが、国内におけるこれまでの探索では見つかっていませんでした。今回、北海道においてハルニレ、オヒョウの倒木やシカによる剥皮被害木及びそれに穿孔しているニレノオオクイムシ(*Scolytus esuriens*)から*Ophiostoma ulm*および*O. novo-ulm*の両方が検出され、北海道における分布が明らかになりました。

現在まで国内のニレ類において立枯れ被害の報告はなく、また、本病に対して国産ニレ類は抵抗性があるという見解があることから、危急な被害の発生はないと考えられますが、従来国内で確認されていなかったニレ類立枯病菌の分布が明らかになったことから、今後も引き続き、その歴史や現状、在来のニレ類やクイムシとの関係を明らかにするため、遺伝子解析を進めるとともに、現地での調査を継続することとしています。

予算:地球環境研究総合推進費「非意図的随伴侵入生物の生態リスク評価と対策に関する研究」

問い合わせ先など

独立行政法人 森林総合研究所 理事長 鈴木 和夫
研究推進責任者: 森林総合研究所 研究コーディネータ 藤田 和幸

(6) その他

特に記載すべき事項はない。